

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

04 AUG 2004

REC'D 21 SEP 2004
WIPO PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 103 38 940.7

Anmeldetag: 22. August 2003

Anmelder/Inhaber: Fresenius Medical Care Deutschland GmbH,
61352 Bad Homburg/DE

Bezeichnung: Verfahren zum Messen einer Signallaufzeit, Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens und Zusammensetzungssensor mit einer solchen Vorrichtung

IPC: G 01 H, G 01 N, A 61 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 27. Juli 2004
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**PRIORITY
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

BEST AVAILABLE COPY

Stremme

22.08.2003
03/13-d01 DE

Fresenius Medical Care Deutschland GmbH
D-61352 Bad Homburg

Verfahren zum Messen einer Signallaufzeit, Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens und Zusammensetzungssensor mit einer solchen Vorrichtung

Die Erfindung betrifft das Gebiet der Signallaufzeitsensorik, insbesondere der Sensorik auf der Basis von Ultraschalllaufzeiten.

Die Ausbreitungsgeschwindigkeit eines Signales innerhalb eines Mediums ist abhängig von der Zusammensetzung des Mediums. Auf diese Weise ist durch Messung der Ausbreitungsgeschwindigkeit eine Schlussfolgerung auf das Medium selbst möglich. Die entsprechenden Messverfahren basieren dabei oft auf der Ausbreitung von Ultraschall. Das Messobjekt, das z.B. in Form einer fluidführenden Leitung mit dem zu untersuchenden Fluid vorliegen kann, wird dabei innerhalb einer Messstrecke angeordnet, die einen Ultraschallsender von einem Ultraschallempfänger trennt. Wenn die Länge der Messstrecke bekannt ist, kann mit Hilfe der Signallaufzeit vom Sender zum Empfänger die Ausbreitungsgeschwindigkeit bestimmt werden. Ist nur eine relative Änderung von Interesse, so kann aus der relativen Änderung der Signallaufzeit direkt auf die relative Änderung der Ausbreitungs-

geschwindigkeit geschlossen werden, solange sich die Messstrecke nicht in unbekanntem Maße ändert.

Die Messstrecke kann dabei in verschiedene Bereiche aufgeteilt sein. Durchfließt ein Medium eine Leitung, so setzt sich die Messstrecke aus einem ersten Bereich, der die Wandungen der Leitungen umfasst, und einem zweiten Bereich, der das eigentliche Messmedium durchquert, zusammen. Ändert sich nun die Zusammensetzung des Mediums, so ist die sich ergebende Änderung der Signallaufzeit im Allgemeinen allein auf die Änderung der Signallaufzeit im zweiten Bereich zurückzuführen, da sich die Signallaufzeit im ersten Bereich bei geeigneter Wahl der Wandungen nicht ändert. Ist die Signallaufzeit in dem ersten Bereich aufgrund der Kenntnis des Wandungsmaterials und seiner Abmessungen bekannt, läßt sich auch leicht die auf den zweiten Bereich entfallende absolute Signallaufzeit bestimmen.

Bei der Hämodialysebehandlung wird Blut in einem extrakorporalen Blutkreislauf kontinuierlich von einem Patienten entfernt, durch einen Hämodialysator gereinigt und an den Patienten zurückgegeben. Als Nierenersatzbehandlung ist dabei die gleichzeitige Entfernung von nicht abgeschiedener Flüssigkeit erforderlich. Hierbei wird dem Patienten während der Behandlung meist eine vorgegebene Menge an Flüssigkeit während der Behandlung entzogen. Durch einen zu raschen Flüssigkeitsentzug kann es jedoch zu unerwünschten Begleiterscheinungen wie einen zu großen Blutdruckabfall - der Hypotonie - kommen.

Da die durch den Flüssigkeitsentzug verursachte Blutvolumenverringerung zu einer steigenden Blutdicke bzw. einem fallenden Blutwasseranteil führt, der sich im Allgemeinen auch in einem steigenden Hämatokrit manifestiert, ist die Überwachung des extrakorporalen Blutes mit Hilfe eines Ultraschalllaufzeitsensors in der US 5,230,341 vorgeschlagen worden.

Zur Steuerung und Auswertung derartiger Sensoren werden bestimmte elektronische Schaltungen eingesetzt, um die erforderliche Genauigkeit zu gewährleisten. Ein Beispiel einer solchen Schaltung ist in DE 34 20 794 C2 beschrieben.

Ein multifunktioneller Ultraschalllaufzeitsensor für die Messung an extrakorporalem Blut, bei dem ein preiswertes Wegwerfteil für die Leitung des Blutes durch die Messstrecke eingesetzt werden kann, ist Gegenstand der US 6,542,761.

Bestehende elektronische Steuerschaltungen für derartige Laufzeitsensoren sind extrem aufwendig oder in ihrer zeitlichen Auflösung begrenzt. Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zu Grunde, ein einfaches und wenig anfälliges Laufzeitmessverfahren bei gleichzeitig hoher zeitlicher Auflösung bereitzustellen. Der Erfindung liegt auch die Aufgabe zu Grunde, eine Vorrichtung zur Anwendung dieses Verfahrens sowie einen Zusammensetzungssensor mit einer solchen Vorrichtung bereitzustellen.

Nach der Lehre der Erfindung wird diese Aufgabe durch ein Verfahren zum Messen einer Signallaufzeit oder einer Signallaufzeitänderung mit den Merkmalen des Anspruchs 1, durch eine Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 14 sowie durch einen Zusammensetzungssensor mit einer solchen Vorrichtung mit den Merkmalen des Anspruchs 16 gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand der Unteransprüche.

Das erfindungsgemäße Verfahren bedient sich dabei einer einfachen Messtechnik, wie sie für die zu erreichende Zeitauflösung zunächst nicht direkt verwendet werden kann. Dabei wird ein gewöhnliches Abtastverfahren ("Sampling") zur Erfassung des Empfangssignals eingesetzt. Da das Messmedium bei den hier relevanten Zeitbereichen im Nano- und Subnanosekundenbereich bereits die Wirkung eines Tiefpasses sowie der Empfänger die Ausbildung von Resonanzfrequenzen zeigt, verursacht ein abgestrahltes stufenartiges Signal ein schwingungsartiges Empfangssignal. Erfindungsgemäß wird dieses Empfangssignal zumindest während einer Halbperiode abgetastet und mit Hilfe eines Auswahlkriteriums überprüft. Nur bei positiver Überprüfung wird mindestens ein inter- oder extrapolierter Berührungspunkt des Empfangssignals mit einem Ruhepegel in einem Empfangssignal-

Zeit-Diagramm bestimmt, mit deren Hilfe die Signallaufzeit oder zumindest die Signallaufzeitänderung ermittelt wird.

Das Auswahlkriterium garantiert dabei eine verlässliche Erkennung eines Empfangssignals als Antwort auf ein abgestrahltes Signal. Der nachgehende Inter- oder Extrapolationsschritt führt zu einer beachtlichen Erhöhung der zeitlichen Auflösung.

Als Auswahlkriterium können unterschiedliche Bedingungen herangezogen werden. Hier kann die zwischen dem Ruhepegel und dem Empfangssignal während der Halbperiode eingeschlossene Fläche und/oder die Extremwerte mit Vergleichswerten verglichen werden. Auch kann eine weitere, nachfolgende Halbperiode entsprechend ausgewertet werden. Schließlich muss für die Auswertung nicht die erste Halbperiode herangezogen werden. Irgendeine ausgewählte Halbperiode ist ausreichend.

Schließlich können durch entsprechende Fertigungsvorgaben die Resonanzfrequenzen des Empfängers sehr genau vorgegeben sein, so dass die Zeitdauer der Halbperiode ebenfalls als Auswahlkriterium herangezogen werden kann. Hierbei ist allerdings zu beachten, dass aufgrund von Überlagerungseffekten nicht jede Halbperiode die gleiche Zeit andauert. Es ist vielmehr so, dass jede Halbperiode für sich eine genau definierte Zeitdauer aufweist.

In vorteilhafter Ausführungsform der Erfindung wird aus dem erfassten Empfangssignal auch die Dämpfung des Signals ermittelt, so dass die erfindungsgemäße Vorrichtung auch geeignet ist, neben der Zusammensetzung eines Mediums auch Einschlüsse wie z.B. Luftblasen in Blut zu erkennen, die mit einer Dämpfung des Signales einhergehen.

Weitere Einzelheiten und Vorteile der Erfindung werden anhand eines in den Zeichnungen dargestellten Ausführungsbeispiels näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung,

Fig. 2 des abgestrahlte und Empfangssignal als Funktion der Zeit und

Fig. 3 einen vergrößerten Ausschnitt des Empfangssignal-Zeit-Diagramms von Fig. 2.

In Fig. 1 ist eine Ausführungsform der erfindungsgemäßen Vorrichtung zur Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens schematisch dargestellt. Eine blutführende Leitung 1 eines befindet sich dabei zwischen einem Ultraschallsender 2 und einem Ultraschallempfänger 3, die durch eine Messstrecke d voneinander beabstandet sind. Die Messstrecke d ist dabei in zwei Bereiche 30 und 31 geteilt, wobei der erste Bereich 30 auf die Wandungen der Leitung 1 und der zweite Bereich auf den vom Blut durchflossenen Bereich 31 entfällt. Bei der Leitung 1 kann es sich z.B. um ein folienartiges Wegwerfteil wie in der US 6,542,761 beschrieben handeln.

Des Weiteren ist eine Auswerteeinheit 6 vorgesehen, die über eine Signalleitung 4 mit dem Ultraschallsender 2 und über eine Signalleitung 5 mit dem Ultraschallempfänger 3 verbunden ist. Sowohl die Auswerteeinheit 6 als auch der Ultraschallsender 2 werden über Systemleitungen 8 und 9 durch einen Oszillator 7 mit einem Systemtakt versorgt.

Der Ultraschallsender 2 sendet stufenartige Ultraschallsignale 10 (Fig. 2) sowie synchronisierte Signale über die Signalleitung 4 an die Auswerteeinheit 6. An dem Ultraschallempfänger 3 stellt sich als Antwort auf das stufenartige Signal 10 ein um einen Ruhepegel 11 schwingungsartiges Signal 12 ein, das über die Signalleitung 5 ebenfalls an die Auswerteeinheit 6 weitergegeben wird. Es ist dabei auch möglich, dass anstelle der abfallenden Stufe 10 die nachsteigende ansteigende Stufe für die Anwendung des erfindungsgemäßen Verfahrens angewendet wird.

In Fig. 3 ist das Empfangssignal 12 von Fig. 2 vergrößert dargestellt. Dabei sind die einzelnen Abtastsignalwerte 13 dargestellt, die die Auswerteeinheit 6 als Wert eines mit der Signalleitung 5 verbundenen A/D-Wandlers in regelmäßigen Zeitabständen Δt abtastet und hinterlegt. Die durch einen als temperaturkompensierten Quarzoszillator ausgeführten Oszillator 7 vorgegebene Abtastrate beträgt dabei typischerweise $f=80$ MHz, d.h. $\Delta t=1/f=12,5$ ns. Zur Erhöhung des Signal-Rausch Verhältnisses kann das Empfangssignal über einen gleitende Mittelwertbildung geglättet bzw. gefiltert werden.

Zur Erkennung eines von dem abgestrahlten stufenartigen Signal 10 verursachten Empfangssignales 12 werden die hinterlegten Signalwerte 13 durch ein Auswahlkriterium überprüft. Hierzu wird erfindungsgemäß mindestens eine Halbperiode 14 des Empfangssignales abgetastet, die in Fig. 3 bis zum Signalwert 16 reicht. Besonders vorteilhaft ist die Erfassung auch der sich anschließenden Halbperiode 15 bis zum Signalwert 17.

Zunächst ermittelt die Auswerteeinheit 6 den Ruhepegel 11. Hierzu kann eine fortschreitende Mittelwertbildung bis zu einem Abbruchkriterium eingesetzt werden. So kann z.B. ein Unterschreiten um einen vorgegebenen Wert oder ein wiederholtes Unterschreiten des bisher ermittelten Ruhepegels den Beginn der Halbperiode 14 und ein Abbruch der Mittelwertbildung für den Ruhepegel 11 bedeuten. Tritt dieses Ereignis ein, integriert die Auswerteeinheit 6 die zwischen dem Ruhepegel 11 und der durch die Signalwerte 13 eingeschlossene Fläche während der Halbperiode 14. Das Ende der Integration wird durch Überschreiten des Ruhepegels 11 durch den Signalwert 16 erkannt. Im Allgemeinen ist es bei der Integration im Sinne des Auswahlkriteriums ausreichend, die eingeschlossene Fläche als Summe der um den Ruhepegel reduzierten Signalwerte der Halbperiode zu ermitteln. Eine Multiplikation mit der ansich konstanten Abtastperiode Δt erwirkt nur ein proportionales Ergebnis. Für die Steigerung der Genauigkeit kann jedoch bei Bedarf auch auf interpolierte Kurven, insbesondere Geraden, zwischen den Signalwerten 13 zurückgegriffen werden. Dies geht jedoch mit einer beträchtlichen Erhöhung des Rechenaufwandes einher.

Weiterhin ermittelt die Auswerteeinheit 6 die Anzahl der die Halbperiode 14 umfassenden Signalwerte 13 und damit die Zeitdauer der Halbperiode 14 sowie den Extremwert 18 der Halbperiode 14. Für alle diese Größen sind in der Auswerteeinheit 6 Vergleichswerte hinterlegt, die mit den gemessenen Werten verglichen werden. Endet der Vergleich im Sinne des Auswahlkriteriums positiv, wird das Empfangssignal 12 als für eine Messung der Signallaufzeit oder der Signallaufzeitänderung zu verwertendes Signal erkannt. Andernfalls verwirft die Auswerteeinheit 6 diesen Messtakt.

Bezogen auf die Zeitdauer der Halbperiode 14 ist anzumerken, dass diese aufgrund des Resonanzverhaltens des meist als Piezokristall ausgeführten Ultraschallempfängers 3, das zudem durch seine Geometrie genau vorgegeben sein kann, innerhalb genau definierter Grenzen liegen muss - unabhängig von der eigentlichen Laufzeit des Signales. Dieses Auswahlkriterium stellt daher ein sehr gut diskriminierendes Kriterium dar.

Es ist auch denkbar, dass in der Auswerteeinheit 6 nur einzelne der genannten Auswahlkriterien angewendet werden. In der Praxis hat sich dabei eine Kombination der Auswertung der Extremstelle sowie der Zeitdauer der Halbperiode bewährt.

Besonders vorteilhaft ist die entsprechende Auswertung des Empfangssignals 12 auch noch während der sich anschließenden Halbperiode 15 bis zum Signalwert 17. Hier können neben der Fläche der Halbperiode 15, dem Extremwert 19 oder der Zeitdauer der Halbperiode 15 auch Beziehungen unterhalb der einzelnen Parameter wie z.B. das Verhältnis der um den Ruhepegel reduzierten Extremwerte 18 und 19 oder der Flächen der Halbperioden 14 und 15 einem Auswahlkriterium unterzogen werden. Auf diese Weise kann die Zuverlässigkeit der Auswahl eines einem abgestrahlten stufenartigen Signal zuzuordnenden Empfangssignals zunehmend gesteigert werden.

Nach positiver Überprüfung des Empfangssignals bestimmt die Auswerteeinheit 6 die Signallaufzeit oder die Signallaufzeitänderung. Hierzu ermittelt die Auswerteeinheit 6 einen inter- oder extrapolierten Berührungspunkt des Empfangssignals 12 mit dem Ruhepegel 11 in dem Empfangssignal-Zeit-Diagramm. Sehr genaue Ergebnisse lassen sich durch Ermittlung des interpolierten Berührungspunktes 20 zwischen der ersten und zweiten Halbperiode 14 und 15 erreichen. Da hier ein Empfangssignal, bei dem die Überprüfung mit dem Auswahlkriterium positiv verlaufen ist, eine ausreichend steile Steigung hat, kann dieser Punkt 20 mit hoher Genauigkeit durch Interpolation mit Hilfe einer der beiden benachbarten Signalwerte durchlaufenden Geraden ermittelt werden. Es ist auch möglich, andere Kurvenformen und weitere benachbarte Signalwerte für die Interpolation heranzuziehen. Dem Fachmann sind hierfür hinreichende Mittel und Verfahren geläufig.

Aus dem zeitlichen Abstand zwischen dem abgestrahlten stufenartigen Signal 10 und der Zeitkoordinate des Berührungspunktes 20 ermittelt die Auswerteeinheit einen Wert für die Signallaufzeit. Diese stellt jedoch nicht die absolute Signallaufzeit dar, welche vielmehr durch den Berührungspunkt 21 am Beginn der ersten Halbperiode 14 markiert wird. Die Bestimmung des Berührungspunktes 21 durch einen ähnlichen Interpolationsvorgang ermöglicht die Bestimmung der absoluten Signallaufzeit. Da die Steigung an dieser Stelle weniger steil verläuft, erreicht der ermittelte Wert jedoch im Allgemeinen nicht die Genauigkeit, mit der Berührungspunkt 20 bestimmt werden kann. Auch sind hier andere Kriterien zur Auswahl der zu berücksichtigenden Signalwerte 13 anzuwenden, da sich am Beginn der Halbperiode 14 nicht unbedingt genau ein Signalwert über und genau ein benachbarter Signalwert unter dem Ruhepegel 11 befinden. In diesem Fall kann es sich anbieten, den Berührungspunkt 21 durch Extrapolation des Kurvenverlaufes durch die ersten Signalwerte 13 der ersten Halbperiode 14 zu bestimmen, wobei je nach Kurvenform Geraden oder andere Funktionen verwendet werden können.

Die Möglichkeit der Extrapolation besteht natürlich auch für andere Berührungspunkte wie den Berührungspunkt 20. Hier wird das Verfahren der Interpolation jedoch im Allgemeinen vorzuziehen sein.

Aufgrund des Resonanzverhaltens des Ultraschallempfängers 3 ist jedoch der zeitliche Abstand der Berührungspunkte 20 und 21 unabhängig von der Signallaufzeit konstant. Mit anderen Worten bedeutet dies, dass sich eine Änderung der Signallaufzeit durch eine Änderung der Blutzusammensetzung im Bereich 31 der Leitung 1 zwischen zwei Zeitpunkten t_1 und t_2 bei beiden Punkten gleichermaßen auswirkt. Eine entsprechende Signallaufzeitänderung lässt sich also mit Hilfe des Berührungspunktes 20 sehr genau bestimmen. Obwohl der zeitliche Abstand der Signallwerte 13 bei $\Delta t = 12,5$ ns liegt, können damit aufgrund des erfindungsgemäßen Verfahrens Zeitaufösungen im Subnanosekundenbereich erreicht werden. Auch die Ermittlung der Zeitkoordinate des Berührungspunktes 21 zur absoluten Laufzeitmessung erlaubt zumindest eine deutliche Steigerung der Genauigkeit.

Schließlich kann bei sehr konstanten Versuchsbedingungen die absolute Signallaufzeit auch durch Ermittlung des Berührungspunktes 20 und durch Subtraktion der Zeitdauer der ersten Halbperiode 14, die als vorbekannter Wert für diese Versuchsbedingungen in der Auswerteeinheit 6 hinterlegt ist, bestimmt werden.

Mit Hilfe der bestimmten Signallaufzeit oder der Signallaufzeitänderung kann die Auswerteeinheit 6 aufgrund hinterlegter Informationen die Zusammensetzung des die Leitung 1 durchfließenden Mediums, hier den Blutwassergehalt des die Leitung durchfließenden Blutes ermitteln. Dabei kann auch eine relative Angabe ausreichend sein, die eine Veränderung des Blutwassergehaltes oder der Blutdichte und damit des Blutvolumens relativ zu einem Anfangswert am Beginn der Messungen angibt. Dabei kann der Sensor an dem extrakorporalen Kreislauf eines Hämodialysengerätes angeordnet sein, um die Bestimmung der Veränderung des Blutvolumens während einer Hämodialysebehandlung zu erlauben.

Gleichzeitig kann die Auswerteeinheit 6 die Laufzeitmessung dazu verwenden, dass die Leitung 1 durchfließende Medium zu diskriminieren. So wird ein extrakorporaler Kreislauf am Beginn einer Hämodialysebehandlung mit isotoner Kochsalzlösung vorgefüllt und am Ende einer Behandlung gespült. Da die Laufzeiten in Blut

und in Kochsalzlösung fundamental verschieden sind, kann die Auswerteeinheit 6 das Vorhandensein der einen oder anderen Flüssigkeit in der Leitung 1 unterscheiden, was zur Statusüberwachung oder Steuerung des Hämodialysegerätes ausgenutzt werden kann. Zweckmäßigerweise ist die Auswerteeinheit 6 in diesem Fall Teil der ohnehin in Hämodialysegeräten vorgesehenen Auswerte- und/oder Steuereinheit.

Ferner kann die Auswerteeinheit 6 die ermittelten Flächen der Halbperioden 14 und/oder 15 als Maß für die Signaldämpfung auswerten. Auf diese Weise kann die erfindungsgemäße Vorrichtung auch als Lufterkennungssensor eingesetzt werden, da bereits kleine Einschlüsse in Form von Luftblasen in dem die Leitung 1 durchfließenden Blut zu einer Verminderung des Signals am Empfänger 3 führen. Befindet sich nur Luft in der Leitung 1, ist dieser Effekt zusätzlich zu der Laufzeitänderung besonders ausgeprägt. Die Auswerteeinheit 6 ist in dieser besonders vorteilhaften Ausführungsform geeignet, entsprechende Alarmsignale an das Hämodialysegerät zu geben, damit eine den Patienten gefährdende Infusion von Luft unterbunden werden kann.

Die Erfindung stellt ein Verfahren und eine Vorrichtung bereit, mit der trotz einfacher Messkomponenten eine verlässliche Messung unter hoher Zeitauflösung von Signallaufzeiten oder Änderungen von Signallaufzeiten ermöglicht wird. Die Anwendung der Erfindung ist für alle Medien möglich, die eine Messstrecke zwischen einem Sender und einem Empfänger durchdringen, wobei die Laufzeit eines abgestrahlten stufenartigen Signals zur Überwindung der Messstrecke durch das Medium beeinflusst wird. Die Erfindung findet insbesondere Anwendung zur Bestimmung der Zusammensetzung von Blut in einem extrakorporalen Blutkreislauf während einer Blutbehandlung wie der Hämodialyse, bei der eine Beobachtung der Veränderung des Blutvolumens zur Vermeidung von unerwünschten Nebeneffekten angestrebt wird. Gleichzeitig kann der erfindungsgemäße Sensor als Lufterkennungssensor eingesetzt werden.

22.08.2003
03/13-d01 DE

Fresenius Medical Care Deutschland GmbH
D-61352 Bad Homburg

Verfahren zum Messen einer Signallaufzeit, Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens und Zusammensetzungssensor mit einer solchen Vorrichtung

Patentansprüche

1. Verfahren zum Messen einer Signallaufzeit, die ein Signal zum Durchlaufen einer Messstrecke benötigt, oder von Änderungen dieser Signallaufzeit, wobei

mit einem Sender (2) ein stufenartiges Signal (10) abgestrahlt wird und

das stufenartige Signal (10) nach Durchlaufen der Messstrecke zu einem schwingungsartigen Empfangssignal (12) um einen Ruhepegel (11) an einem Empfänger (3) führt, das in regelmäßigen Zeitabständen Δt abgetastet und erfasst wird,

dass das schwingungsartige Empfangssignal (12) anhand eines Auswahlkriteriums zumindest während einer Halbperiode (14, 15) dahingehend überprüft wird, ob es sich um das vom abgestrahlten Signal (10) verursachte Empfangssignal handelt und

dass bei positiver Überprüfung die Signallaufzeit oder die Signallaufzeitänderung mit Hilfe eines inter- oder extrapolierten Berührungspunktes (20, 21) des Empfangssignals (12) mit dem Ruhepegel (11) in einem Empfangssignal-Zeit-Diagramm ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, dass das Signal ein Ultraschallsignal ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als inter- oder extrapolierte Berührungspunkt der Punkt (21) im Empfangssignal-Zeit-Diagramm ermittelt wird, bei dem das Empfangssignal (12) am Beginn der ersten Halbperiode (14) vom Ruhepegel (11) abweicht, wobei aus dem so ermittelten Zeitpunkt die Signallaufzeit abgeleitet wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass als inter- oder extrapolierte Berührungspunkt der Punkt (20) im Empfangssignal-Zeit-Diagramm ermittelt wird, bei dem das Empfangssignal (12) den Ruhepegel (11) nach der ersten Halbperiode (14) schneidet, wobei aus dem so ermittelten Zeitpunkt die Signallaufzeitänderung abgeleitet wird.
5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen dem Empfangssignal (12) und dem Ruhepegel (11) eingeschlossene Fläche während der Halbperiode (14) ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass die so ermittelte Fläche als Auswahlkriterium mit einem Vergleichswert verglichen wird.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass auch die anschließende Halbperiode (15) abgetastet, erfasst und die zwischen dem Empfangssignal (12) und dem Ruhepegel (11) eingeschlossene Fläche während der anschließenden Halbperiode (15) ermittelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass die zwischen dem Empfangssignal (12) und dem Ruhepegel (11) eingeschlossene Fläche während der anschließenden Halbperiode (15) als Auswahlkriterium mit einem Vergleichswert verglichen wird.
9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Extremwert (18) des Empfangssignals (12) während der Halbperiode (14) ermittelt und mit einem Vergleichswert verglichen wird.
10. Verfahren nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, dass auch die anschließende Halbperiode (15) abgetastet und erfasst wird und als weiteres Auswahlkriterium der Extremwert (19) des Empfangssignals (12) während der anschließenden Halbperiode (15) ermittelt und mit einem Vergleichswert verglichen wird.
11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass als Auswahlkriterium die Zeitdauer einer oder mehrerer Halbperioden (14, 15) des schwingungsartigen Empfangssignals (12) ermittelt und mit einem Vergleichswert verglichen wird.
12. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass der Ruhepegel (11) als Mittelwert aus der Halbperiode (14) vorangegangenen, abgetasteten Empfangssignalwerten (13) ermittelt wird.
13. Verfahren nach Anspruch 5 oder 7, dass die ermittelten Flächen als Maß für die Dämpfung des Signals ausgewertet werden.
14. Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 13 mit

einem Sender (2) zum Abstrahlen des stufenartigen Signales (10),

einem von dem Sender (2) durch die Messstrecke beabstandeten Empfängers (3) zum Abgeben eines um einen Ruhepegel (11) schwingungsartigen Empfangssignales (12) als Antwort auf das die Messstrecke durchlaufenden abgestrahlten Signales (10),

einer mit dem Sender (2) und dem Empfänger (3) verbundenen Auswerteeinheit (6),

wobei die Auswerteeinheit (6) zum Absenden des Sendesignals synchrone Signale erhält und über eine Abtasteinrichtung zum Abtasten und Hinterlegen des Empfangssignales (12) in regelmäßigen Zeitabständen Δt verfügt,

wobei die Auswerteeinheit (6) ferner geeignet ist, das schwingungsartige Empfangssignal (12) anhand eines Auswahlkriteriums zumindest während einer Halbperiode (14, 15) dahingehend zu überprüfen, ob es sich um das vom abgestrahlten Signal (10) verursachte Empfangssignal handelt und

bei positiver Überprüfung die Signallaufzeit oder die Signallaufzeitänderung mit Hilfe eines inter- oder extrapolierten Berührungspunktes (20, 21) des Empfangssignals (12) mit dem Ruhepegel (11) in einem Empfangssignal-Zeit-Diagramm zu ermitteln.

15. Vorrichtung nach Anspruch 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Sender (2) ein Ultraschallsender und der Empfänger (3) ein Ultraschallempfänger ist.

16. Sensor zur Erkennung der Zusammensetzung oder der Zusammensetzungsänderung eines Mediums,

dadurch gekennzeichnet,

dass er eine Vorrichtung nach Anspruch 14 oder 15 umfasst,

eine Einrichtung zur Aufnahme des Mediums innerhalb der Messstrecke vorgesehen ist

und die Auswerteeinheit (6) ferner geeignet ist, die Signallaufzeit bzw. die Signallaufzeitänderung als Maß für die Zusammensetzung bzw. die Zusammensetzungsänderung aufgrund hinterlegter Informationen auszuwerten.

17. Sensor nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass es sich um einen Blutvolumensensor handelt.
18. Sensor nach Anspruch 17, dadurch gekennzeichnet, dass es sich ferner um einen Luf terkennungssensor handelt.

22.08.2003
03/13-d01 DE

Fresenius Medical Care Deutschland GmbH
D-61352 Bad Homburg

Verfahren zum Messen einer Signallaufzeit, Vorrichtung zur Anwendung des Verfahrens und Zusammensetzungssensor mit einer solchen Vorrichtung

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft das Gebiet der Signallaufzeitsensorik, insbesondere der Sensorik auf der Basis von Ultraschalllaufzeiten. Bestehende elektronische Steuerungschaltungen für derartige Laufzeitsensoren sind extrem aufwendig oder in ihrer zeitlichen Auflösung begrenzt. Die Erfindung bedient sich dagegen einer einfachen Messtechnik, wie sie für die zu erreichende Zeitauflösung zunächst nicht direkt verwendet werden kann. Dabei wird ein gewöhnliches Abtastverfahren zur Erfassung des Empfangssignals (12) eingesetzt. Ein von einem abgestrahlten stufenartigen Signal verursachtes schwingungsartiges Empfangssignal (12) wird zumindest während einer Halbperiode (14, 15) abgetastet und mit Hilfe eines Auswahlkriteriums überprüft. Nur bei positiver Überprüfung wird mindestens ein inter- oder extrapolierte Berührungspunkt (20, 21) des Empfangssignals (12) mit einem Ruhepegel (11) in einem Empfangssignal-Zeit-Diagramm bestimmt, mit dessen Hilfe die Signallaufzeit oder die Signallaufzeitänderung ermittelt wird.

Fig. 3

1/3

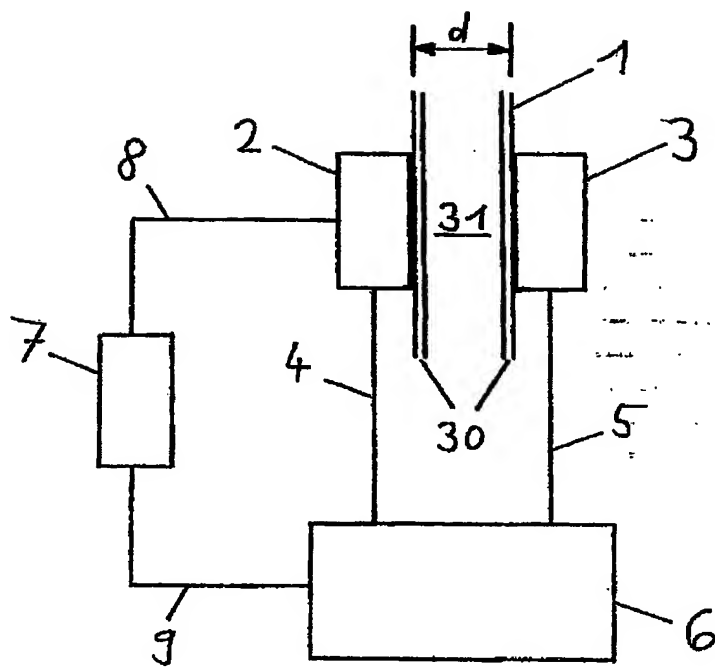


Fig. 1

2/3

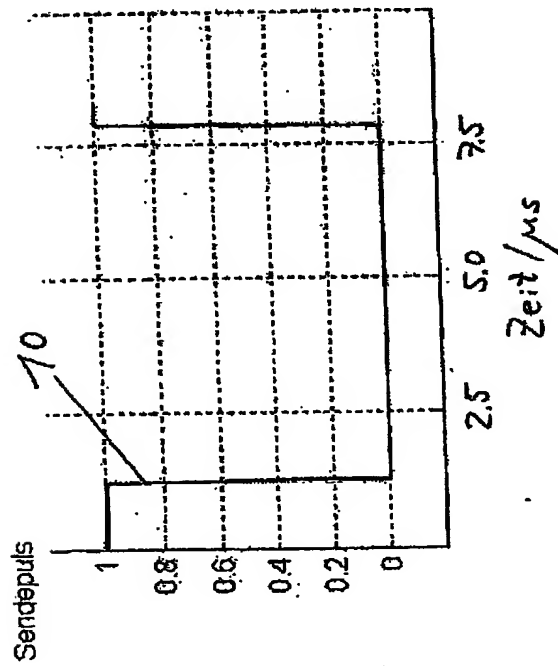
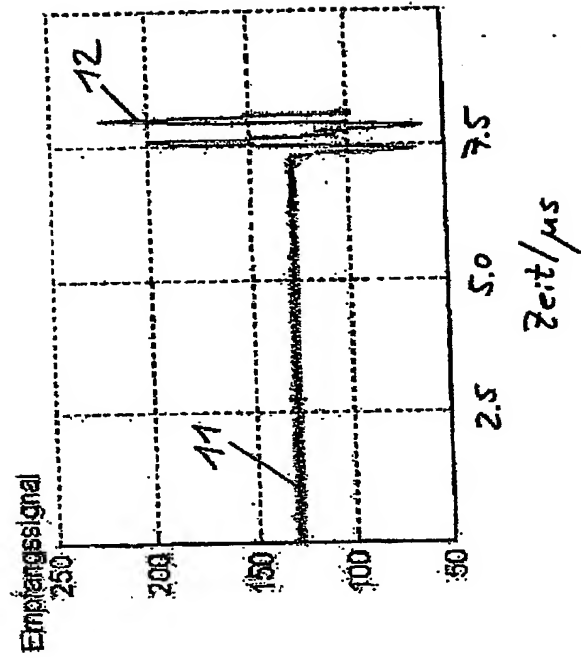


Fig. 2

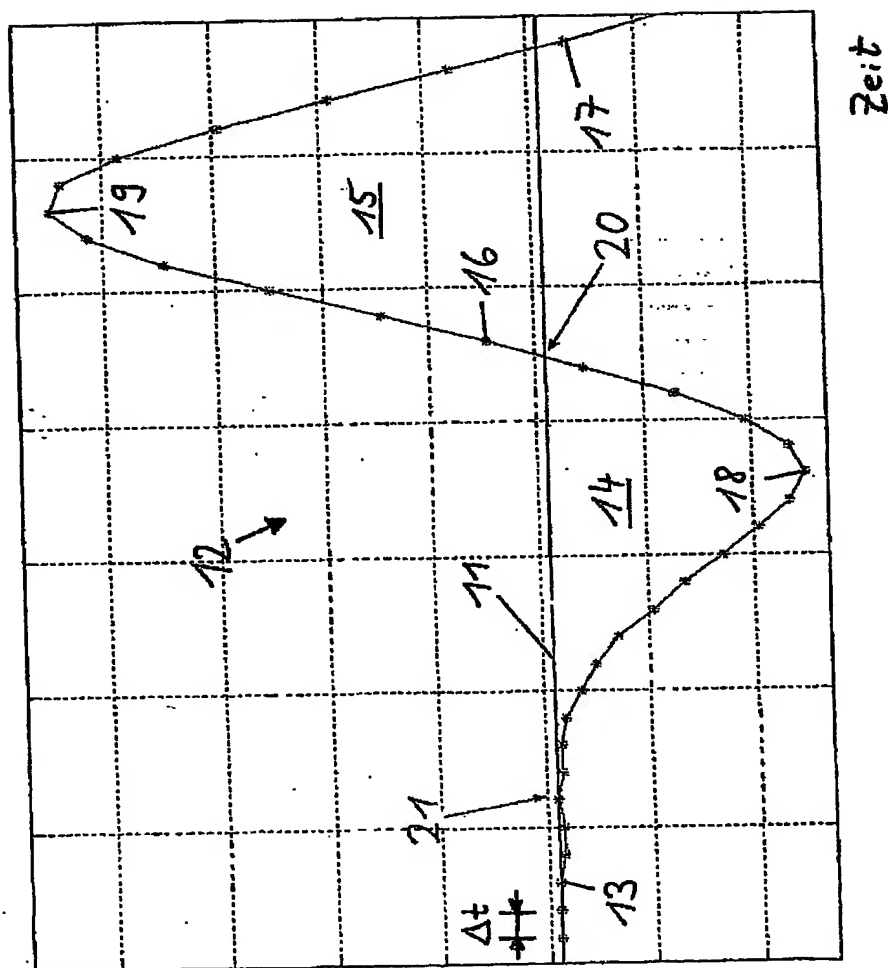


Fig. 3

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.